Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen.
Direktor: Professor Dr. H. H. Rebel.

Über die Verwendbarkeit der Aluminium-Legierung „Uralin" als Gußfüllung

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
bei der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt am 24. 11. 1940
von

Ludwig Johnen
Zahnarzt aus Krefeld.

Göttingen 1941

Buchdruckerei Martin Saß & Co., Göttingen

Dekan: Prof. Dr. R. Stich.

Berichterstatter: Prof. Dr. H. H. Rebel.

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 1940.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet

Das Problem der Auffüllung und der Schließung von Defekten der Zahnhartsubstanzen, seien sie nun durch Karies oder durch Trauma entstanden, kann noch keineswegs als befriedigend gelöst betrachtet werden. Nach Boisson hat Smith das sich uns hier dartuende Problem am treffendsten mit den Worten gekennzeichnet: „Wir müssen unser möglichstes tun, um die natürlichen Kräfte der Zähne zu erhalten." Die Sichtung der zu diesem Zwecke zur Verfügung stehenden Werkstoffe ergibt, daß es einen Stoff, welcher alle Anforderungen erfüllt, nicht gibt. Der aesthetischen Vollendung der heutigen Silikate und gebrannten bzw. gepreßten Porzellanfüllungen steht die geringe Widerstandskraft derselben gegen direkt einwirkenden Kaudruck gegenüber: eine Kontraindikation der Porzellankantenauffüllung! Diese unerwünschte Eigenschaft wies schon früh den Weg, an Stelle der Zemente, Silikate und Porzellane, in entsprechend gelagerten Fällen Metalle als Füllungsmaterialien zu verwenden. Diese überwinden in etwa diese Nachteile, was Kantenfestigkeit und Widerstandskraft gegen den Kaudruck anbelangt. Die Metallfüllung kann dabei einmal als Amalgam, zum anderen als gegossene Füllung in den Mund des Kranken eingebracht werden.

Bei den Amalgamen unterscheiden wir Kupfer- und Edelamalgame. Erstere sollen wegen ihrer geringen Härte und den durch sie verursachten Verfärbungen des Zahnes (Schoenbeck) nur noch als Modellamalgam Anwendung finden (Rebel). Die Edelamalgame sind nicht so volumenbeständig wie das Kupferamalgam, es kommt bei ihrer Anwendung leicht zu Kariesrezidiven. Sie sind zwar härter, dafür aber auch brüchiger. Die Verankerungsteile müssen daher kräftiger gestaltet werden, was einen zusätzlichen Verlust an gesunder Zahnhartsubstanz bedeutet (Rebel). Trotz ihrer Härte bieten sie nach Balters keinen Kantenschutz, schwächere Wandungen werden durch sie nicht gestützt, sondern durch Keilwirkung leicht überbeansprucht

(Arndt). Über die Korrosion der Amalgamfüllungen äußert sich Scheer: „Im Amalgam finden .... die gleichlaufenden Vorgänge der Auflösung statt, wie wir sie bei der Goldlegierung .... beobachtet haben." „Trotz all dieser .... Nachteile ist die Amalgamfüllung aber auch heute noch eine der gebräuchlichsten Füllungsmethoden" (Black). Die Indikation der Amalgamfüllung ist nach Walkhoff lediglich da gegeben, „.... wo pekuniär die Erstellung einer Goldgußfüllung nicht möglich ist". Nach demselben Verfasser ist das Amalgam kontraindiziert: 1. an Frontzähnen, 2. an der Mesialfläche der ersten Prämolaren (da die meisten Amalgame ihre Farbe im Munde durch Bildung von Schwefelsilber oder Schwefelkupfer verändern), 3. in der Nähe von Goldfüllungen.

Als **Vorteil** der Amalgame ist anzusehen:

1. ihre leichte Verarbeitbarkeit.
2. ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber mahlender Kaubeanspruchung.
3. ihre Preiswürdigkeit.

Nachteile der Amalgame sind:

1. ihre geringe Kantenfestigkeit.
2. ihre geringe chemische Widerstandskraft.
3. ihre Volumenunbeständigkeit (Kontraktion).
4. ihre unschöne Farbe.
5. ihre Neigung zu Verfärbungen, auch des Zahnes.

Rebel faßt dies zusammen: „Im Hinblick auf die wichtigste Forderung, Schonung von Zahnbein und Pulpa, ist das Amalgam der gegossenen Metallfüllung unterlegen."

Gußfüllungen.

Die Geschichte der Gußfüllungen ist mit der Geschichte der Verwendung des Goldes in der Zahnheilkunde so eng verbunden, daß sich beide kaum voneinander trennen lassen. Die Geschichte der Goldeinlagen begann nach Smreker im Jahre 1872 mit Aguilhon de Saran: „Er stellte nach Wachsabdrücken Mo-

delle der Kavitäten aus Gips oder Talk her. In diesen schmolz er 22karätiges Gold. Den genauen Randschluß solcher Einlagen suchte er zu verbessern, indem er mit einem Holzstäbchen das Gold im geeigneten Moment des Erstarrens gegen die Ränder drückte." Black berichtet, daß „ursprünglich bei der Herstellung einer Goldeinlage ziemlich analog wie bei dem Porzellaninlay vorgegangen wurde, mit dem Unterschiede, daß man in einen Metallfolienabdruck Gold fließen ließ, anstatt Porzellan hineinzubakken". „Keine der vielen Methoden konnte sich unterdessen zum Gemeingut der Zahnärzte durchringen" (Smreker). Das Prinzip der gegossenen Füllung von heute geht nach Smreker auf W. Taggart zurück. Dessen Verfahren ist bis heute, wenn auch sehr verbessert, dasselbe geblieben. „Die gegossene Füllung weist nun nicht eine mathematische Genauigkeit auf, da die Fehlerquellen, die im Wachs und in der Einbettungsmasse liegen, sich nicht vollständig konpensieren lassen" (Walkhoff). „Der komplizierte Arbeitsgang leistet .... vermeidbaren Fehlern Vorschub" (Rebel). Mögliche Fehlerquellen sind nach Rebel: 1. Schrumpfung des Wachsmodells (bei der Abkühlung!). 2. Verzerrung des Wachsmodells (gemäß seiner latenten Elastizität). 3. Schrumpfung der Modellmasse. 4. Schrumpfung der Einbettmasse. 5. Ausgleichung der erst oberhalb 800° C. stärker einsetzenden Expansion des Gußzylinders. 6. Vermeidung der Abkühlung der vorgewärmten Muffel während des Schmelz- und Gießaktes.

Die **Vorteile** der gegossenen Füllung sind u. a.:

1. nach C. N. Johnsen, daß sich leichter ein guter Kontaktpunkt schaffen läßt, als durch irgendeine andere Füllungsmethode.
2. nach Ottolengue ist die Metalleinlage das beste Mittel, die vollkommene Struktur der Zähne wieder herzustellen.
3. besitzt die Metalleinlage stärkere Kantenfestigkeit als Amalgame.
4. ist die Metalleinlage im gingivalen Drittel anwendbar.
5. ist durch die Metalleinlage einer Bißerniedrigung vorzubeugen, ebenso einer starken Abkauung.

6. Größere Dichtigkeit und Härte (Walkhoff).
7. Einfachere Technik, die z. T. außerhalb des Patientenmundes erledigt wird.
8. Große Anwendungsmöglichkeit, besonders bei komplizierten Prämolaren- und Molarenkavitäten.
9. Große chemische und physikalische Widerstandsfähigkeit.
10. Anwendungsmöglichkeit an schwer zugänglichen Stellen und unter dem Zahnfleisch (Walkhoff).

Als **Nachteile** der Gußfüllung sind zu nennen:

1. daß aus statistischen Gründen viel gesundes Hartsubstanzmaterial geopfert werden muß (Rebel), weshalb Boisson an Stelle der flächenhaften Schwalbenschwanzverankerung eine Tiefenverankerung mittels 0,6 mm starken Platinstiften empfiehlt.
2. der Umstand, daß bei der Gußeinlagefüllung einzig und allein die Form der Kavität die Retention übernimmt und nicht ein Klebstoff (Scheer).
3. Evtl. Schädigungen der vitalen Pulpa durch thermische Einflüsse. Dies wird nach Smreker besonders von Gillett und Irving betont.
4. Das schwere Entfernen und Durchbohren einer Goldeinlage (Smreker), besonders wo sie aus hartem Legierungsmaterial besteht (Rebel).

Somit ist die Indikation für Gußfüllungen gegeben: 1. Nach Walkhoff: bei Zahnhalskavitäten; 2. bei durch Abrasion entstandenen Defekten der Schneide- und Eckzähne; 3. okklusale und approximale Prämolaren- und Molarenkavitäten; 4. nach Rebel: bei umfangreichen komplizierten Kavitäten; 5. bei schwachen Kauzähnen; 6. bei Kauflächen aktiver Zähne; 7. approximale Kavitäten der Front- und Eckzähne; 8. bei zirkulären Halskavitäten; 9. u. U. unter bestimmten Voraussetzungen noch bei zervikalen Frontzahnkavitäten; 10. nach Smreker: bei allen über die Mittelgröße hinausgehenden Kavitäten; 11. beim Ersatz größerer Kronenteile.

Als Kontraindikation der Gußfüllungen führt Walkhoff an: 1. an Frontzähnen mit großen Eckenaufbauten (aus kosmetischen Gründen!); 2. bei kleinen Kavitäten der Frontzähne; 3. bei brüchigen und mangelhaft verkalkten Zähnen; 4. bei Zähnen mit fraglicher Lebensdauer (z. B. in Gebissen mit Alveolarpyorrhoe oder Wurzelhauterkrankungen).

Zusammenfassend ist über das Problem der Gußfüllung zu sagen: Wenn sich auch im Vergleich zur plastischen Füllung schwierige Technik, ferner „Material und methodische Schwierigkeiten" ergeben (Rebel), so übertrifft die gegossene Füllung doch jedes plastische Material an mechanischer Widerstandsfähigkeit, d. h. an Druckfestigkeit. „Sie ist daher das Material für aktive Zahnflächen und größere Aufbauten" (Rebel). „Wer einman einen Vergleich zwischen den Amalgamfüllungen und Gußfüllungen angestellt hat. wird, was die Güte der Füllung angeht, von den Vorzügen der Gußfüllung überzeugt sein" (Balters). Als Gußfüllungsmaterial werden verwendet:

1. Gold und Goldlegierungen,
2. Goldersatzstoffe.

Gold und Goldlegierungen.

Die Herstellung der Gußfüllungen aus Gold hat im besonderen folgende **Vorteile:**

1. den guten Randschluß der Gußgolde.
2. die starke (natürliche) Kohäsion der gegossenen Goldfüllung (Smreker).
3. „Die Goldfüllung kennt weder bei der kleinen noch bei der größeren Kavität Qualitätsunterschiede ...." (Balters).
4. Gußgolde stellen ein Maximum an Korrosionsfestigkeit dar.
5. die Zähigkeit des Gußgoldes. Dadurch erhalten wir schon in dünneren Schichten genügende Kaufestigkeit (Jeanneret).

Nachteile der Gußgolde sind:

1. nach Black das häßliche Aussehen größerer Goldfüllungen in den Frontzähnen.

2. die Kontraktion der Gußgolde (Jeanneret).
3. Verfärbungen, denen selbst das Feingold ausgesetzt ist (Rebel).
4. die bei steigendem Kupfergehalt nachlassende Korrosionsfestigkeit.

Zur Frage der speziellen Indikation der Goldgußfüllungen äußert sich Black. Nach ihm ist die Goldeinlage besonders „an rückwärtigen Zähnen bei Karies mit großem Substanzverlust, also in Fällen, in denen man früher Goldkronen oder sehr große Amalgamfüllungen verwendet hat ....“ indiziert. Kontraindiziert ist die Goldgußfüllung eigentlich nur im Frontzahngebiet wegen ihrer „zahnunähnlichen Farbe“ (Rebel).

Gold-Ersatzstoffe.

Die Devisenlage Deutschlands hat im Frieden und erst recht in Kriegszeiten eine immer stärkere Einschränkung des Goldverbrauches für zahnärztliche Zwecke gefordert. Man ist dieser Forderung schon im Weltkriege 1914—18 durch Herstellung und Propagierung einer Anzahl sog. Goldersatzlegierungen entgegengekommen. Man hat hier zunächst größten Wert auf die Goldähnlichkeit gelegt. Hierher gehören Legierungen, die sich auf Kupfer-Zinkbasis aufbauen, also Messinge, die unter den Namen Randolf, Helios, Kosmos usw. in der Zahnheilkunde bekannt sind und weitgehend Anwendung gefunden haben. Da diese Legierungen heterogen sind und daher weitgehend der Korrosion unterliegen, so verbietet sich ohne weiteres eine Anwendung dieser Legierungen im Munde.

Jede neue Legierung, die im Munde zur Anwendung kommen soll, ist daher nach bestimmten Gesichtspunkten zu untersuchen. Denn es müssen gleich dem Golde an alle Austauschstoffe bestimmte Anforderungen gestellt werden. Von einem Austauschwerkstoff fordern Rebel, Schoenbeck und Falck u. a.:

1. Geringste Kontraktion, d. h. Volumenbeständigkeit.
2. Geringe Härte, d. h. Duktilität.

3. Gute Anpolierfähigkeit, weil dadurch Korrosionsfestigkeit und Stabilität der Gußfüllung erhöht werden.
4. Korrosionsfestigkeit.
5. Möglichst gutes kosmetisches Aussehen, d. h. zahnähnliche Farbe.
6. Leichte Verarbeitbarkeit.
7. Widerstandskraft gegen Biegung und Druck.
8. Gesundheitsunschädlichkeit.
9. Porenfreiheit.

Man unterscheidet drei Gruppen von Austauschstoffen:

1. die Silber-Palladium-Legierungen,
2. die Zinn-Silber-Legierungen,
3. die Aluminium-Legierungen.

Silber-Palladium-Legierungen.

Nach Ruthard gelang es 1931 Jedele, „goldhaltige Palladium-Silber-Legierungen zu finden, die der thermischen Vergütung zugänglich waren. Heute sind diese Legierungen unter den Namen „Alba", „Duallor", „Pangold", „Pallagan", um nur einige zu nennen, im Handel. Wegen ihrer weißlichen Farbe werden sie auch „weiße Edelmetallegierungen" genannt. Nachteile zeigt dieser Legierungstyp eigentlich nur bei unsachgemäßer Behandlung. Demgegenüber stehen als Vorzüge: 1. Vergütbarkeit (Ruthard), 2. eine silbern weißliche Farbe, die kosmetisch der Goldfarbe vorzuziehen ist, 3. gute Angießbarkeit (Falck), 4. leichte Verarbeitbarkeit (Elsholz), 5. Korrosionsbeständigkeit. Nach Ruthard ist diese Legierungsgruppe in chemischer Hinsicht, wenn man von der Empfindlichkeit gegen Salpetersäure und Jod absieht, in fast allen Richtungen den Gold- und Platinlegierungen gleichwertig. Auch die Korrosionsversuche von Schirmer ergaben eine Gewichtskonstanz oder eine praktisch unwesentliche Gewichtsabnahme. Nach Falck „stehen uns somit heute in den weißen Edelmetallegierungen Werkstoffe zur Verfügung, die, wenn auch nicht in jedem Fall, so doch meistens die Goldlegierungen ersetzen können".

Zinn-Silber-Legierungen.

Diese Legierungen sind nach Rebel mit den Silber-Palladium-Legierungen nicht zu vergleichen, da sie nicht korrosionsfest sind. Sie sollten daher eher als Aufbaumaterial, nicht aber als äußeres Füllmaterial in Frage kommen (Rebel). Sie scheiden deshalb aus dieser Besprechung aus.

Aluminium-Legierungen.

„Die ersten Versuche, metallisches Aluminium zu gewinnen, gehen auf H. C. Oersted zurück (1825)" (Schmidt) .... aber erst L. Wöhler gelang es 1827, „das Aluminium als graues Metallpulver zu erhalten, während die technische Darstellung des Aluminiums in größeren Mengen zuerst von St. Claire Deville (1854) betrieben wurde".

Das Aluminium ist das verbreitetste aller Metalle. Es bildet 7,3 % der Erdrinde (Schmidt). Es findet sich in etwa 200 verschiedenen Mineralien. Seine Menge im Ton beträgt 15—20 %, im Granit, Gneis, Glimmerschiefer sind 6—13 % Al enthalten, ferner enthalten Rubin, Saphir, Topas, Granat, Lasurstein und Turmalin Al.

Gewonnen wird das Aluminium unter Anwendung besonderer Zellen (Hooge-Zellen) durch Elektrolyse eines mit Al_2O_3 gesättigten Kryolith-Bariumfluorid-Elektrolyten (Schmidt). Dazu ist sehr viel Elektrizität notwendig. 1926 standen nach Schmidt 92000 KW zur Erzeugung von jährlich 36500 t Al zur Verfügung. „Aluminium ist ein weißes, hämmerbares, ziehbares und schweißbares Metall, das sich leicht zu dünnen Blättchen schlagen bzw. walzen läßt (Aluminiumfolie)" (Schoenbeck). Diese, dem Argentum foliatum ähnlichen Blättchen, sind bei intensiver Sauerstoffzufuhr verbrennbar zu Aluminiumoxyd (Schmidt). Der Schmelzpunkt des Al liegt bei 658° C, der Siedepunkt bei 1800° C. Geschmolzen besitzt es hohen Glanz, der allerdings bei längerem Verweilen an der Luft sehr schnell nachläßt und einer Mattierung weicht, die durch Bildung einer Oxydhaut bedingt ist. Aluminium läßt sich sehr schwer vergießen, da

es zähflüssig ist; elektrochemisch verhält es sich als Unedelmetall. „Was die chemischen Eigenschaften betrifft, so ist Aluminium gegenüber dem Sauerstoff der Luft widerstandsfähig. An feuchter Luft bildet sich eine Oxydhaut, die für die technische Verwendbarkeit des Aluminiums von Bedeutung ist, da diese als Schutzschicht vor weiterer Oxydation wirkt" (Schoenbeck). Dieser für die Verwendbarkeit des Aluminiums im Munde so wichtige „Oxydfilm" (= Aluminiumhydroxyd) entsteht nach der Formel: $2\ Al + 6\ H_2O = Al\ (OH)_6 + 3\ H_2$. Das Atomgewicht des Aluminiums (bezogen auf Sauerstoff = 16,00) beträgt 27,1; (Gold: 197,2). Sein spez. Gewicht beträgt 2,7, d. h. Aluminium ist das zweitleichteste Metall (Magnesium: 1,7). Die Kugeldruckhärte des Aluminiums ist nach Ludwik 37; Kupferzusatz erhöht diese auf 50 bis 51. Aluminium ist nur sehr schwach magnetisch, aber ein guter Leiter der Elektrizität, ein 3—4mal besserer als Eisen (Schmidt). Nach Schmidt ist das Wärmeleitungsvermögen etwa gleich der Hälfte von dem des Kupfers und doppelt so groß wie das des Schmiedeeisens. Landolt-Börnstein berichten darüber folgendes: Die Wärmeleitfähigkeit des Al ist in reinem Zustande größer als die der Al-Legierung. Mannchen gibt die Wärmeleitfähigkeit des reinen Al mit 0,612 bei — 193°, mit 0,539 bei 0° an; für Duraluminium mit 0,383 bei 0° und 0,432 bei 100°. (Für reines Gold gibt Kannuluik die Wärmeleitfähigkeit mit 0,730 bei 0°, für reines Silber mit 1,015 bei — 183° und 0,999 bei 0° an.) Nach Geitz braucht Aluminium infolge seiner hohen spez. Wärme (Al = 0,23; Kupfer = 0,094) mehr Wärmezufuhr, um eine bestimmte Temperatur zu erreichen, bleibt dann aber entsprechend länger warm. Das Al zeigt die Eigenschaft, sich bei hoher Temperatur sehr energisch mit Sauerstoff zu verbinden...." (Geitz), ist also ein kräftiges Reduktionsmittel für die meisten Metalloxyde. Darauf beruht das H. Goldschmidtsche Thermitverfahren zur Erzielung sehr hoher Temperaturen und zur Darstellung von Mangan, Chrom usw. Nach Schoenbeck hat Al ein elektronegatives Potential von —1,34 (bezogen auf Wasserstoff = ± 0). Die Härte des Aluminiums entspricht genau der des Goldes. Sie beträgt wie Schoenbeck nach G. Buchner

berichtet für Aluminium 2,5; Gold 2,5; Silber 2,5 (bezogen auf die zehn Härtegrade der Mohsschen Skala.

Zur Frage der Gesundheitsschädlichkeit des Aluminiums äußert sich Gadamer: „Zu absichtlichen Vergiftungen sind das Al und seine Salze wohl kaum benutzt worden. Dagegen sind bei der vielseitigen Verwendung der Al-Verbindungen in den verschiedensten Gewerben, als Arzneimittel und bei der weitverbreiteten Verwendung von Aluminiumgefäßen zu Koch-, Eß- und Trinkgefäßen Gesundheitsschädigungen nicht ausgeschlossen." „Bei Aluminiumgefäßen schützt die Hydroxydmasse die tieferliegenden Teile vor weiterem Angriff, sodaß die Ungefährlichkeit von Aluminiumgefäßen mit der Zeit immer größer wird" (Gadamer). Akute Aluminiumvergiftungen können nur von den Salzen des Aluminiums z. B. dem Alaun, der essigsauren Tonerde hervorgerufen werden. Chronische Vergiftungen, die sich dem Tierversuch zur Folge in Reizungen des Nervensystems (Gadamer) und Ätzung (Bildung von Aluminium-Eiweißverbindungen), Übelkeit, Koliken, Erbrechen äußern (Schmidt), sind beim Menschen nicht beobachtet worden, denn das Aluminium ist nach Gadamer „in Form seiner sämtlichen Verbindungen, soweit sie nicht ätzen, unresorbierbar" und wird meist sofort wieder quantitativ ausgeschieden. Dies ist bei der großen Duktilität und der dadurch bedingten Abscheuerung des Aluminiums durch den Kauakt und Aufnahme in den Organismus wesentlich. Hinsichtlich der Verwendung des Aluminiums im Munde stellt Preyers, was die Verträglichkeit des Aluminiums auf die Schleimhaut anbelangt, fest: „Bei tief bis unter das Zahnfleisch gehenden Defekten, wo ich bis tief unter die Bifurkation aufgebaut habe, hält sich das Zahnfleisch tadellos. Ich habe da keine Reizerscheinungen erlebt, im Gegenteil: wenn vorher eine Amalgamfüllung gelegt worden war, und die bekannte dunkelblaue Verfärbung eingetreten war, ist diese nachher verschwunden, und das Zahnfleisch ist tadellos straff geworden. Fehr berichtet zu dieser Frage: „Aluminium bildet unter allen Werkstoffen, die wir verarbeiten und in die Mundhöhle unserer Patienten einfügen, infofern eine Ausnahme, und nimmt damit eine Sonderstellung ein, als dieses Material nicht

nur vollkommen reizlos ist, sondern auch eine heilende Wirkung auf die Schleimhäute auszuüben scheint." Diesen von Preyers und Fehr beschriebenen heilenden Einfluß der Aluminiumlegierung schiebt Diener darauf zurück, daß im Laufe der chemischen Reaktion der Aluminiumlegierung auf der Mundschleimhaut das Aluminiumhydroxyd entsteht und dieses Aluminiumhydroxyd einen adstringierenden oder heilenden Einfluß auf die pathologisch veränderte Mundschleimhaut ausübt." Auch Strack stellt fest, „daß eine günstige Einwirkung des Aluminiums allgemein zugegeben wird".

Zusammenfassend ist zu sagen, daß alle Metalle und deren Legierungen in der Zahnheilkunde verwendet werden dürfen, sofern sie nicht kupfer- oder bleihaltig sind, noch freies Quecksilber enthalten, und keinen wesentlichen Korrosionsvorgängen erliegen. Sind diese Bedingungen erfüllt, so sind keinerlei Gesundheitsschädigungen zu erwarten.

Legierungen des Aluminiums die industriell verwendet werden sind:

1. Duraluminium, ein Aluminium mit 3,5 bis 5,5 Kupfer etc. Es wird im Luftschiffbau verwendet (Geitz). 2. Aluminiumbronze: besteht aus 5 bis 10 % Al, 95 bis 90 % Cu. 3. Magnalium: ist eine Legierung des Al mit Magnesium. 4. Skleronmetall (Al, Zn, Si) (Ost-Rassow). 5. Seleron: Al mit Lithium. 6. Aeron (Al mit Cu). 7. Construktal (Al mit Zn).

Aluminium in der Zahnheilkunde.

Die Verwendung des Aluminiums in der Zahnheilkunde ist keineswegs neu. Smreker berichtet, daß „schon C. C. Caroll Aluminiumplatten um die Jahrhundertwende unter pneumatischem Druck gegossen hat". Es ist jedoch dann wieder in Vergessenheit geraten. Auch Schoenbeck erwähnt, daß dieser Werkstoff während des Weltkrieges und nach diesem schon einmal Anwendung gefunden hat: „die mit ihm gemachten Erfahrungen haben keineswegs befriedigt". Die meisten Bedenken sind dem Aluminium auf dem Gebiete der Korrosionsfestigkeit entgegenge-

bracht worden. Nach Walkhoff sind „als Ersatz für Gold, Silber, Kadmium Aluminiumlegierungen mit Kupferzusatz vorgeschlagen worden. Diese haben sich aber im allgemeinen wegen ihrer Verfärbung und schlechten Verarbeitung nicht bewährt". Nach Falck „dürfen Aluminiumlegierungen, ihrer geringen Mundbeständigkeit wegen, nicht verwendet werden und scheiden deshalb von vornherein aus". Nach Rebel ist es für die Korrosion von großer Bedeutung, „ob es sich um ein einziges Metall oder eine Legierung ... handelt... Ferner ..., welche Stellung das Metall in der Spannungreihe der Metalle einnimmt". Um das Entstehen größerer Potentialdifferenzen im Munde zu vermeiden, sollen deshalb nur solche Metalle kombiniert werden, die in der Spannungsreihe benachbart liegen, d. h. eine möglichst geringe Potentialdifferenz haben. Da Aluminium beim Schmelzen zähflüssig wird, und somit schwer vergießbar ist, hat man versucht, diese unerwünschte Eigenschaft durch Zusätze des leicht fließenden Kupfers zu beseitigen. Aluminium verlor aber durch die Vermischung mit dem weit von ihm in der Spannungsreihe entfernt stehenden Kupfer seine Mundbeständigkeit (Cu kommt übrigens wie auch andere Metalle [Eisen, Silicium] als Verunreinigung im Aluminium vor). Über den direkten Kupferzusatz bei der Herstellung sog. zahnärztlicher Aluminiumlegierungen sagt Schoenbeck, „daß er zwar die Gußfähigkeit erhöht, die Korrosionsfestigkeit jedoch herabsetzt". „Aus den Korrosionsversuchen ... geht deutlich hervor, daß die mit ca. 2 % Kupfer versetzten Aluminiumlegierungen nicht die chemische Widerstandsfähigkeit besitzen, die man ursprünglich erwartet hatte. Es erklärt sich dies einmal dadurch, daß fremde Bestandteile wie Eisen und Silicium im Aluminium zugegen sind, die bei dem Hinzutreten des Speichels Lokalelemente bilden und 2. auch durch die Abnahme der Löslichkeit des Kupfers mit Abnahme der Temperatur (Schoenbeck). Auch Holler, der eine Reihe Aluminiumlegierungen auf ihre Verwendbarkeit im Munde prüfte, kommt zu dem Schluß, „daß wir alle Aluminiumlegierungen, die mit Schwermetall wie Kupfer, Zink, Eisen, Nickel legiert sind, für unsere Zwecke von vernherein auszuschalten haben". Das Aluminium ist also aus zwei Gründen im Munde

bisher nicht verwendungsfähig gewesen. Einmal, weil es mit Schwermetallen, besonders mit Kupfer, legiert war. Dann deswegen, weil es in Deutschland bis heute nicht gelungen war, Aluminium bis zu 99,99 % rein darzustellen. Nunmehr ist es aber gelungen, dieses 99,99 %ige Reinstaluminium auch in Deutschland herzustellen. Dieses kommt nach Schoenbeck einem Edelamalgam in Bezug auf Korrosion fast gleich. Einige Autoren machen auch hier noch eine Einschränkung, auf die hingewiesen werden muß. So lehnt z. B. Schröder den Kontakt zwischen Aluminium und anderen Legierungen im Munde ab. Schoenbeck hält den Kontakt des Aluminiums mit Amalgam, Gold und Stahl „für gefährlich". Nach Spanner muß bei Aluminium und seinen Legierungen „jegliche Berührung mit anderen Metallen vermieden werden, weil sich sonst kräftige galvanische Elemente bilden, die zu einer raschen Auflösung des Aluminiumwerkstückes führen". Auch Rohkamm hält eine Korrosion des Aluminiums bei direktem wie indirektem Kontakt mit anderen Metallen für durchaus möglich.

Es wäre jedoch verfrüht, aus diesem Grunde allgemein die Aluminiumverwendung im Munde abzulehnen, da der Bildung des jede weitere Korrosion verhütenden „Oxydfilms" dabei keine Rechnung getragen wird. Jedenfalls sind die wenigen Stimmen, die sich über die Verwendung des Reinstaluminiums geäußert haben, durchaus für dessen Verwendung im Munde. So sagt Schalm, der das Aluminium als Prothesenmaterial geprüft hat: „In keinem Falle konnten wir bei Verwendung des Reinstaluminiums Korrosionserscheinungen feststellen." Auch nach Rohkamm: „... ist in den heute verfügbaren Aluminiumlegierungen auf der Basis des Reinstaluminiums ein brauchbarer Werkstoff geschaffen".

Mir ist die Aufgabe gestellt worden, die Aluminiumlegierung „Uralin" (Hersteller: Dr. K. Preyers, Krefeld) auf ihre Verwendbarkeit als Material für Gußfüllungen zu untersuchen. Das Metall „Uralin" wird in Form von Plättchen 2×2 cm lang, etwa 1,5 mm dick vom Hersteller geliefert. Jedes Plätchen ist etwa 2,2 g schwer.

Die Legierung wurde 1936/37 zum Vierjahresplan angemeldet

und neuerdings auch mit Erfolg im zahnärztlichen Materialprüfungsamt (= Zämpa) geprüft und patentamtlich geschützt.

Meine Untersuchungen wurden im wesentlichen unabhängig von dem Prospekt des Herstellers unternommen.

Technische Prüfungen der Aluminium-Legierung „Uralin".

Korrosionsprüfungen etc. erfolgen meist in Medien, die im Munde in dieser Stärke oft nicht vorhanden sind. Man darf daher auf Grund eines vielleicht nicht befriedigend ausfallenden Laboratoriumexperimentes keine Rückschlüsse bezüglich des wahrscheinlichen Verhaltens des untersuchten Materials im Munde des Kranken ziehen. Falk weist bei seinen mannigfachen Untersuchungen schon auf diese Dissonanz hin, die sich oftmals zwischen dem Ergebnis des Laboratoriumsversuches und den tatsächlichen Verhältnissen im Munde ergibt. Manches Material, welches theoretisch unedel ist, und große Potentialdifferenz zeigen müßte, erweist sich im Munde viel „edler", als es theoretisch sein dürfte.

Vorbemerkungen zu den Versuchsserien an Phantomzähnen.

Gemeinsam ist allen Versuchen folgendes:

1. Es wurden als Phantomzähne Kunstharzzähne verwendet.

2. Die Kavitätenpräparation erfolgte nach den bekannten Gesichtspunkten. Den Forderungen der „Extension for prevention" (Black) wurde durch die Verlegung der Kavitätenränder in cariesimmune oder dem Kauakt ausgesetzte Zonen Rechnung getragen. Zur Präparation wurden Rosenbohrer und Fissurenbohrer, zur feineren Ausarbeitung der Kavitäten plane und napfförmige Separierscheiben und Diamant-Schleifsteine verwendet.

3. Vor der Herstellung des Wachsmodelles der Gußfüllung wurde die Güte der Kavitätenpräparation durch einen Probeabdruck mittels grüner „Exakt-Abdruckmasse", die von der Herstellerfirma in Stangenform geliefert wird, geprüft.

4. Bei den Versuchen an Phantomzähnen wurde das direkte Abdruckverfahren angewendet. Als Modellwachs wurde das Gußwachs nach Boedecker verwendet. Da es nach den Prüfungen

von Scheer nicht ratsam ist, das Gußwachs in der Flamme zu erweichen, wurde es zu den Versuchen „über der Flamme" (Rebel) eines kleinen Spiritusbrenners erwärmt. Ein solcher Spiritusbrenner mit seiner schwach brennenden Flamme ermöglicht eine langsame und gleichmäßige Durchwärmung des Wachses. Hierdurch wird das als nachteilig zu bezeichnende Verbrennen von Paraffinbestandteilen des Gußwachses auf ein Minimum herabgesetzt. Nur das ungeschädigte Wachs bleibt relativ frei von Kontraktionsfehlern. Aus diesem Grunde wurde das Wachs auch nicht flüssig in die Kavität eingeträufelt. Nach Balters „zieht sich flüssiges Wachs zusammen und steht vom Rande ab", eine Eigenschaft, auf die auch Rohkamm hinweist. Es wurde vielmehr das langsam erweichte ungeknetete Wachs in die mit Speichel isolierte Kavität „gepreßt" (Rohkamm) und unter Druck (Jeanneret) bearbeitet. Wird nicht genügend plastisches Wachs unter Druck in der Kavität bearbeitet, so verlängert es sich außerhalb des Zahnes; unter Zug bearbeitetes verkürzt sich nachher (Jeanneret). Dann wurden die Wachsmodelle einige Minuten unter fließendem kalten Wasser nachgekühlt. Das Modellieren der Füllungen geschah mit den dazu von Boedecker angegebenen Instrumenten, möglichst ohne das Wachs nochmals mit heißen Instrumenten in Berührung zu bringen. Auch die Gußstifte wurden nicht erhitzt, sondern mit Klebewachs am fertig modellierten Wachsmodell fixiert. Die in den Serien verwendeten Gußstifte waren stets 0,85 mm (= Stecknadelgußstifte) oder 1,15 mm dick (= Haarnadelgußstifte).

5. Das fertig modellierte Gußmodell wurde stets sofort eingebettet, „da bei längerem Stehenlassen das Inlaywachs seine Form verändern kann" (Jeanneret).

6. Zum Einbetten der Wachsmodelle wurde die „Duroterm"-Einbettmasse der Firma Bayer (Leverkusen a. Rh.) verwendet.

7. Zu den Gußversuchen wurde die Handschleuder von A. Bardet verwendet.

Verändert wurden bei den Versuchen:

1. das Mengenverhältnis des Wassers zur Einbettmasse;

2. Anzahl und Dicke der Gußstifte;
3. Ausfließzeit des Wachses;
4. die Gußzeit;
5. das Einbettverfahren.

Daraus ergab sich zwangläufig die Einteilung der Gußversuche in Serien. In den einzelnen Serien wurde jedoch jede Füllung unter den gleichen Bedingungen hergestellt. Sinn der Versuche war es, alle nur irgendmöglichen Fehler fern zu halten.

Es wurden 5 Serien durchgeführt. Davon enhält die I. Serie 3 Versuche, die II. Serie 4 Versuche, die II. Serie 5 Versuche, die IV. Serie 3 Versuche und die V. Serie 10 Versuche, so daß insgesamt 25 Phantomgußarbeiten dieser Arbeit zugrunde liegen.

I. Serie.

Die zum Einbetten verwendete „Duroterm-Einbettmasse" wurde mit abgestandenem Wasser angerührt, das luftblasenfreier ist als das frische Brunnenwasser.

Für die Konsistenz der angerührten Masse ist das Mengenverhältnis des Wassers zur Einbettmasse maßgebend. Jeanneret empfiehlt deshalb, die erforderliche Menge Wasser und Einbettmasse stets abzumessen, da dies notwendig sei „um immer gleichmäßige Konsistenz der Einbettmasse zu haben und besonders mit dem Minimum an Wasser zu arbeiten". Wird die Masse zu dünnflüssig, so muß die beim Ausbrennen des Wachses auftretende Kontraktion der Masse den „Sitz" der Gußfüllung gefährden. Eine zu dickflüssig angerührte Einbettmasse birgt dagegen die Gefahr des Abbröckelns kleinerer Einbettmassefeinheiten, des Rissigwerdens und der Hohlraumbildung in sich, die in kleinen störenden „Gußperlen" am fertigen Werkstück zum Ausdruck kommt. Auch das sachgemäße Anrühren ist von Wichtigkeit. Die Masse muß langsam und gleichmäßig ohne zu schlagen verrührt werden, um eine gleichmäßige Vermengung und ein Einschlagen von Luft zu vermeiden. Ich hielt mich dabei an die von Wiesinger angegebene Methode, in dem ich 30mal nach links und 30mal nach rechts umrührte. Als Mischverhältnis wurde zunächst dasjenige angewendet, das Scheer für Kerr-Investment Nr. 1 mit 1 : 2,25 angibt,

auch für die Einbettmasse „Duroterm" an; d. h. auf 18 g Wasser wurden 40,5 g Einbettmasse gegeben. Die nach den obigen Gesichtspunkten angerührte Masse wurde ohne zu klopfen in die Gußmuffeln gebracht. In der I. Serie wurde nach der sog. direkten Methode eingebettet.

Zur Tabelle der I. Serie ist folgendes zu sagen:

1. Unter der Ausfließzeit des Wachses wird diejenige Zeitspanne verstanden, in der nach Beendigung der Abbindezeit der Einbettmasse, die Gußmuffel über der Flamme des Bunsenbrenners erwärmt wird, sodaß nach Entfernung der Gußstifte das Wachs ausfließen kann, und die Einbettmasse sich schließlich dem Punkte nähert, den man als „trocken" bezeichnet.

2. Der Vorwärmzeit fällt dabei nur die Aufgabe einer noch gründlicheren Austrocknung der Einbettmasse zu.

3. Da die Aluminiumlegierung „Uralin" einen sehr niedrigen Schmelzpunkt (etwa 680° C) hat, darf sie nur in kalte bzw. handwarme Muffeln gegossen werden. Diese Methode wird von Rebel

Zahn	Art der Füllung	Zahl u. Stärke d. Gußstifte	Abbindezeit der Einbettmasse in Stunden	Ausfließzeit des Gußwachses in Minuten	Vorgewärmt (Minuten)	Abgekühlt (Minuten)	Schmelzzeit in Sekunden
/6	zentrale Gußfüllung	2 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	20	6,44	30	15	45,3
4/	zentrale Gußfüllung	1 zu 1,15 mm	20	6,44	30	30	42,8
1/	Schneidekantenaufb.	1 zu 1,15 mm	20	6,44	30	30	46,1

als Kaltgußmethode bezeichnet, und ist von Nordamerika (Volland) nach Europa übernommen worden. „Als Vorteil des Kaltgusses ist die Schärfe der Ränder des Gußstückes anzusehen. Diese erstarren zuerst und können durch die eintretende Gasbildung nicht von den Formwänden abgedrängt werden. Die große Bedeu-

tung, die genauen Konturen zukommt, veranlaßt Ward, dem Kaltguß den Vorzug zu geben" (Rebel).

4. Aus dem Umstand, daß die ausgetrocknete und vorgewärmte Gußmuffel wieder abgekühlt werden muß, erklärt sich die Rubrik „Abkühlzeit".

5. Unter „Schmelzzeit" ist die Zeitspanne zu verstehen, die zwischen dem Augenblick, in dem die 8—10 cm lange, möglichst blau brennende Flamme des Blasebalggebläses, das auf die Gußmulde gebrachte Metall berührt und dem Moment, in dem das Metall die für den Guß am vorteilhaftesten erscheinende Konsistenz erreicht hat, vergeht.

Bei der zweiten und dritten Gußfüllung der ersten Serie wurde ein sog. „verlorener Kopf" zur Verhütung von Lunkerbildung angebracht. Dies zeitigte jedoch, wie auch schon Päßler berichtet, keine nennenswerte Verbesserung des Werkstückes. Der Saugkopf wurde deshalb in den folgenden Serien fortgelassen, da seine Anlage bei kleinen Gußstücken also z. B. bei Einlagen, nicht erforderlich ist.

Wertung der I. Serie.

Es wurde Kontraktion festgestellt, die sich jedoch durch mäßiges Anrotieren etwas beheben ließ. Das Anrotieren wurde mit einem langsam laufenden Schlagpolierer vorgenommen. Dieses an sich stumpfe Instrument wirkt bei grober Handhabung geradezu fräsend auf das „Uralin": ein Beweis für die Duktilität der Legierung, die im Mund eine gute und natürliche Einartikulation zur Folge haben muß, ohne wie bei harten Edelmetallegierungen zu Störungen der Kaufunktion zu führen.

II. Serie.

Zur Erzielung weniger kontrahierender Güsse wurde in der II. Serie das Mischverhältnis des Wassers zur Einbettmasse „Duroterm" heraufgesetzt: die Masse wird dadurch dickflüssiger. Das Verhältnis wurde somit auf 1 : 2.5 gesetzt, d. h. auf 18 g Wasser kamen 45.0 g „Duroterm". Statt einzelner dicker Gußstifte wurden an den Gußobjekten mehrere dünne Stifte (0.85 mm) ange-

bracht, denn schon Grawinkel empfiehlt, „lieber einen Gußkanal zuviel, als einen zu wenig anzubringen".

Die Serie, welche 4 Versuche enthielt, hatte demnach folgendes Aussehen:

Zahn	Art der Füllung	Zahl u. Stärke d. Gußstifte	Abbindezeit der Einbettmasse in Stunden	Ausfließzeit des Gußwachses in Minuten	Vorgewärmt (Minuten)	Abgekühlt (Minuten)	Schmelzzeit in Sekunden
1	Schneidekantenaufb.	2 zu 0,85 mm	18	7	30	20	34,5
8	zentrale Füllung	3 zu 0,85 mm	18	7	30	20	41,0
4	mesio-occl. Füllung	1 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	18	7	30	20	33,2
1	Zahnhalskavität	1 zu 1,15 mm	18	7	30	20	61,0

Wertung der II. Serie.

Weitaus bessere Ergebnisse als in der I. Serie. Lediglich der 3. Versuch (mesio-occlusale Füllung) ließ ein nicht ganz fehlefreies Ausfließen der mesialen Seite der Füllung feststellen. — Auch beim Mischverhältnis von 1 : 2,5 war die Einbettmasse noch relativ flüssig.

III. Serie.

Die I. und II. Serie zeigten, daß selbst geringfügige Fehler im Arbeitsgang die Güte des Werkstückes herabsetzen. Zur Vermeidung dieser Fehler wurde in der III. Serie das Verhältnis Wasser zur Einbettmasse auf 1 : 2,75 gesetzt, d. h. auf 18 g Wasser kamen 49,5 g „Duroterm". Um weiterhin schädliche Kontraktionen durch übermäßige Wärmebehandlung der abgebundenen Masse auf ein Minimum herabzusetzen, wurde die Ausfließzeit des Wachses zwar beibehalten, die Vorwärmzeit jedoch stark verkürzt, sodaß beide zusammen 15 bis 20 Minuten nicht überschritten (die

hierfür von Jeanneret angegebene Zeit von 20 bis 30 Minuten erwies sich als zu lange). Die Kombination dicker und dünner Gußstifte schien günstig und wurde beibehalten.

Zahn	Art der Füllung	Zahl u. Stärke d. Gußstifte	Abbindezeit der Einbettmasse in Stunden	Ausfließzeit des Gußwachses in Minuten	Vorgewärmt (Minuten)	Abgekühlt (Minuten)	Schmelzzeit in Sekunden
$\overline{6}$/	mesio-occl. Füllung	3 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	16	7	8	20	32,2
/$\overline{6}$	zentrale Füllung	3 zu 0,85 mm	16	7	8	20	31,7
/$\underline{4}$	mesio-occl. Füllung	2 zu 0,85 mm	16	7	8	20	34,6
/$\underline{1}$	Eckenaufbaufüllung	2 zu 0,85 mm	16	7	8	20	34,1

Erstmalig wurde an dem Wachsmodell von $\overline{6}$/ (= 1. Versuch der III. Serie) ein Luftabzugkanal von 0,45 mm Dicke angebracht. Die mesiale Seite der Füllung floß nunmehr einwandfrei aus.

Es ist ersichtlich, daß bei einem so spezifisch leichten Metall wie „Uralin", der Gußdruck eine ganz besonders große Rolle spielt. Nach Grawinkel ist der Guß von einem auf das flüssige Metall einwirkenden Überdruck abhängig, „nicht aber von einem gewaltsamen Hineinpressen des Metalls". Nach Bardet ist zum Gelingen des Gusses nur ein Druck von einer Atmosphäre = 2 bis 3 kg/qcm nötig. Wenn Smreker (nach Taggart) für Gold als Gußüberschuß selbst für die kleinsten Einlagen ein Pennyweight = 1,55 g empfiehlt, so muß für das entsprechend leichtere „Uralin" ein entsprechend größerer Gußüberschuß vorhanden sein. Zum Guß wurden deshalb in den nächsten Serien stets 1,5 bis 2,2 g „Uralin" verwendet, um mit größerem Überschuß zu gießen.

Die Füllungen der III. Serie wurden auch mit größerer Wucht d. h. mit einem „schärferen Anriß", wie ihn Rohkamm für Alu-

miniumlegierungen empfiehlt, gegossen. Nach den Angaben von Jeanneret, die dieser allgemein für unedle Legierungen macht, wurde der Gußdruck auch länger aufrecht erhalten.

Zur Wertung der III. Serie ist zu sagen, daß die Ergebnisse recht befriedigend waren.

IV. Serie.

Die Herstellerfirma der Einbettmasse „Duroterm" gibt das Mischverhältnis derselben mit Wasser mit 1 : 2,8 an. Dies ist nach den Ergebnissen der III. Serie etwas zu hoch gegriffen. Schon bei einem Verhältnis von 1 : 2,75 nimmt die Masse beim Anrühren eine reichlich dickflüssige, um nicht zu sagen „steife" Konsistenz an. Das Mischverhältnis Wasser zur Einbettmasse wurde deshalb in der IV. Serie auf 1 : 2,65 herabgesetzt, d. h. auf 18 g Wasser kamen 47,7 g „Duroterm"-Einbettmasse. Es sei hier nachdrücklichst auf die unbedingte Notwendigkeit einer genauen Dosierung von Wasser und Einbettmasse in dem angegebenen Verhältnis von 1 : 2,65 hingewiesen. Man überlasse dies nicht dem „Gefühl", und gieße bei einem Zuviel an Wasser etwa dasselbe ab, oder füge gar neue Einbettmasse hinzu. Besonders letzteres ist zu widerraten. Der Abbindeprozeß beginnt in dem Augenblick, in dem die Einbettmasse mit dem Wasser in Berührung kommt. Man würde dann also in einer solchen Art angerührten Masse ein Nebeneinander von zwei verschiedenen Abbindungphasen, mit allen sich daraus

Zahn	Art der Füllung	Zahl u. Stärke d. Gußstifte	Abbindezeit der Einbettmasse in Stunden	Ausfließzeit des Gußwachses in Minuten	Vorgewärmt (Minuten)	Abgekühlt (Minuten)	Schmelzzeit in Sekunden
/1	Eckenaufbaufüllung	3 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	15	7	8	20	31,3
4/	Sattelgußfüllung	2 zu 1,15; 1 zu 0,85 mm	15	7	8	20	34,5
/5	Stumpfaufbau	2 zu 1,15 mm	15	7	8	20	39,6

ergebenden Nachteilen, finden. Demgegenüber ist die Dosierung einfach: sie geschieht mit graduierten Gläsern oder einer Milligrammwaage. Im Hinblick auf den gewährleisteten Gußerfolg stellt sie keine übermäßige Belastung dar.

Bei dem 3. Versuch der IV. Serie wurde aus einem 1,46 mm starken Alba-Draht (federhart) ein T-Stück gelötet. Mit diesem und einem Kupferring wurde ein Abdruck des Phantomstumpfes gewonnen, und auf dem so gewonnenen Modell ein Stumpfaufbau modelliert.

Die Anlage von je 2 Luftabzugskanälen von 0,45 mm Dicke bewährte sich. Dieselben wurden seitlich vom Wachsmodell aufsteigend bis zum oberen äußeren Rande der Gußmuffel verlaufend angebracht, sodaß sie an der höchsten Stelle der Gußmuffel enden.

Wertung der IV. Serie.

Bemerkenswert war auch in dieser Serie die große Dünnflüssigkeit des „Uralin", die besonders in dem guten Ausfließen auch der sehr dünnen Luftabzugskanäle zum Ausdruck kam.

V. Serie.

Dieser letzten Serie der Versuche an Phantomzähnen wurden die Erfahrungen der vorangegangenen Serien zugrunde gelegt. Das Mischverhältnis des Wassers zur Einbettmasse wurde auf 1 : 2,65 belassen. In dieser Serie wurde erstmalig „zweizeitig" eingebettet. Smreker empfiehlt dieses Verfahren „für gewisse Fälle". Rohkamm empfiehlt die zweizeitige Einbettmethode besonders für den Aluminiumguß. Es ist überall da indiziert zweizeitig einzubetten, wo größte Anforderungen an das fertige Gußobjekt gestellt werden müssen. Man läßt zunächst eine bohnengroße Menge Einbettmasse, die vorsichtig aufgepinselt werden muß, auf dem Wachsmodell erstarren, ehe man zum endgültigen Einbetten in die möglichst kleine Gußmuffel schreitet. Die Kontraktion der dünnen Schicht des Einbettungsmassenkernes ist erfahrungsgemäß gering, im Verhältnis zu der Kontraktion, die der ganze Querschnitt einer Gußmuffel erleidet. Nach Angaben des

Herstellers ist dem „Uralin“ eine geringfügige Gußkontraktion eigen. Mit dieser an sich unerwünschten geringen Kontraktion des „Uralin“ hat man also leider zu rechnen. Eine zusätzliche, und daher übermäßige Kontraktion des Gußobjektes, ist jedoch unbedingt zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist das „zweizeitige“ Einbettverfahren dem sogenannten „direkten“ Einbettverfahren vorzuziehen.

Zahn	Art der Füllung	Zahl u. Stärke d. Gußstifte	Abbindezeit der Einbettmasse in Stunden	Ausfließzeit des Gußwachses in Minuten	Vorgewärmt (Minuten)	Abgekühlt (Minuten)	Schmelzzeit in Sekunden	Zahl der Luftabzugkanäle
6/	mesio-occl. Füllung	2 zu 0,85; 2 zu 1,15 mm	16	7	8	20	36,2	2
/6	zentrale Gußfüllung	2 zu 0,85; 2 zu 1,15 mm	16	7	8	20	38,1	2
1/	Zahnhalskavität	1 zu 1,15 mm	16	7	8	20	34,6	1
8/	zentrale Füllung	2 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	16	7	8	20	33,9	2
/6	zentrale Füllung	2 zu 0,85; 2 zu 1,15 mm	16	7	8	20	35,2	2
/6	Eckenaufbau	2 zu 0,85; 2 zu 1,15 mm	16	7	8	20	39,9	2
4/	mes.-occl. dist. Fllg.	2 zu 0,85; 2 zu 1,15 mm	16	7	8	20	43,4	2
/1	Kantenaufbau	2 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	16	7	8	20	35,8	2
2/	Kantenaufbau	2 zu 0,85 mm	16	7	8	20	35,0	2
3/	Eckenaufbau	2 zu 0,85; 1 zu 1,15 mm	16	7	8	20	37,4	1

Auch in dieser Serie wurden an jede Gußfüllung 1 bis 2 Luftabzugskanäle in der schon in der IV. Serie beschriebenen Weise angebracht und die Kombination dicker und dünner Gußstifte endgültig als vorteilhaft festgelegt. — In dieser Serie wurde das „Uralin“ an besonders schwierigen Kavitäten erprobt. Kennzeichen dieser Serie sind große Zahl der Versuche und völlige Vereinheitlichung des Herstellungsverfahrens.

Wertung der V. Serie.

Gut bewährte sich in dieser Serie das „zweizeitige" Einbettverfahren. Verziehungen, die beim „direkten" Einbettverfahren leicht an den mesialen oder distalen Seiten der Uralin-Füllungen auftraten, und wohl durch die Kontraktion der Masse des gesamten Muffelquerschnittes oder durch das selbst bei vorsichtigstem Arbeiten stets noch sehr grobe Einbringen der zarten Wachsmodelle in die Einbettmasse hervorgerufen wurde, traten jetzt nicht mehr auf.

Die Abb. 1, 2, 3 und 4 zeigen die besten Phantomarbeiten aus allen fünf Serien.

Die Abb. 1 zeigt von links nach rechts: mesio-occlusale Füllung 6/ aus der Serie V. Schneidekantenaufbau /1 aus Serie V. Schneidekantenaufbau 1/ aus Serie I. Eckenaufbau 3/ aus Serie I.

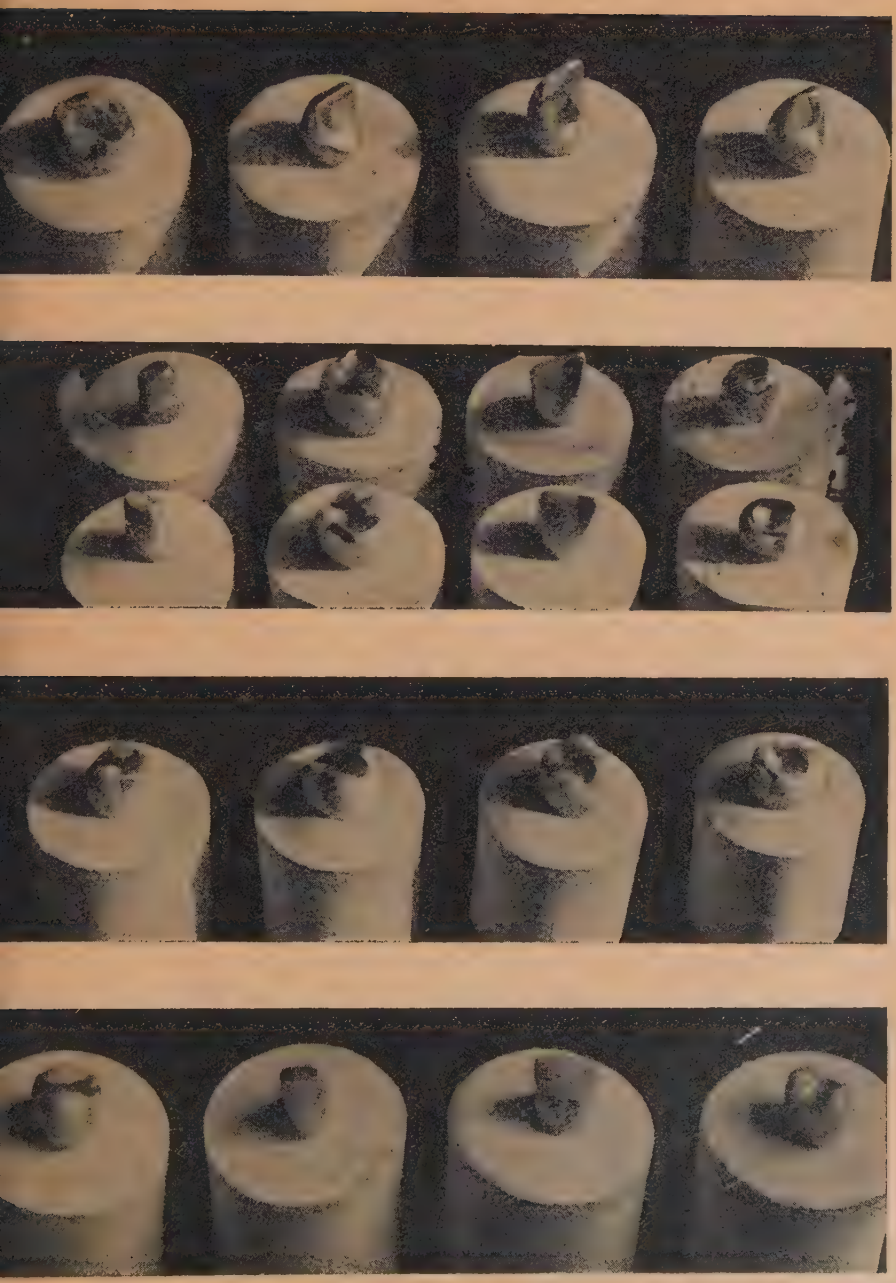
Die Abb. 2 zeigt von links nach rechts: Stumpfaufbau aus Serie IV. Kantenaufbau /6 mit Schmetterlingsverankerung nach Scheer aus Serie V. Kantenaufbau /1 mit Schwalbenschwanzverankerung aus Serie IV. Kauflächenfüllung mit „Krallenverankerung" aus Serie V. Das Spiegelbild zeigt hier besonders eindeutig die Art der Verankerung.

Die Abb. 3 zeigt von links nach rechts: occluso-distale Füllung 4 aus Serie III. Zentrale Füllung /6 aus Serie IV. Zentrale Füllung 6 aus Serie V. Zentrale Füllung /8 aus Serie III.

Die Abb. 4 zeigt von links nach rechts: mesio-occluso-distale Füllung 4/ aus Serie IV. Schneidekantenaufbau 2/ aus Serie V. Zahnhalsfüllung 1 aus Serie II. Zentrale Füllung 4/ aus Serie I.

Der Randschluß der mit „Uralin" erzielten Güsse ist nicht immer als gut zu bezeichnen. Die Politur der Füllungen erfolgt im wesentlich freihändig, d. h. außerhalb der Kavität.

In den fünf Serien zeigte sich, daß der Schmelzzeit der Aluminiumlegierung „Uralin" eine gewisse Bedeutung für das Gelingen des Gusses zukommt. Der Hersteller empfiehlt den Guß im Augenblick des Zusammenfließens des Metalls. In den beschrie-



benen fünf Phantomserien wurde versucht, diesen Zeitpunkt näher zu bestimmen. Die Schmelzzeiten wurden auf bestimmte Weise mit einer Alpina-Stoppuhr gemessen. Sie zeigten, wie aus den Tabellen ersichtlich, immer wieder ähnliche Werte. Bei Verwendung eines gewöhnlichen Blasebalggebläses und einer etwa 10 cm langen, möglichst blau brennenden Flamme, ist der „Zeitpunkt des Zusammenfließens", wie die Versuche ergaben, nach 32 bis 40 Sekunden erreicht. Wenn einzelne Güsse absichtlich erst nach der doppelten Schmelzzeit ausgeführt wurden, so erhielt man eine porige und rauhe Oberfläche des Gußstückes. Zwar ist die glatte Oberfläche des Gußstückes in erster Linie vom Zustand des Wachsmodells, dem rückstandslosen Verbrennen des Wachses, der Art, Zusammensetzung und der Anrührweise der Einbettmasse, sowie der Größe der Erhitzung der Gußmuffel abhängig. Jedoch weist Schoenbeck auch noch darüber hinaus auf den Punkt hin, daß jede Überhitzung des Aluminiums zu vermeiden sei. „Überhitzen bedingt porigen und nicht gut polierfähigen Guß" (Falck). Für unedle Legierungen allgemein empfiehlt Jeanneret: „Beim Schmelzen des Metalls dieses nicht überhitzen. Man warte nicht ab, bis es zu einem dem Goldfluß ähnlichen Kugeln der Schmelze kommt, da die leicht schmelzenden Bestandteile verbrennen, oxydieren würden...." Auch Holler hat dies bei seinen Untersuchungen mit Aluminiumlegierungen beobachtet. Er führte diese „Rauhigkeiten", wie er diese Erscheinung nennt, auf eine Wasserstoffaufnahme des Metalls beim Schmelzen mit der offenen Gasflamme zurück.

In der Serie der Schmelzzeitversuche wurden nun den Hollerschen Versuchen ähnliche mit dem „Uralin" unternommen, um die Gründe etwaiger „Rauhigkeiten" zu klären.

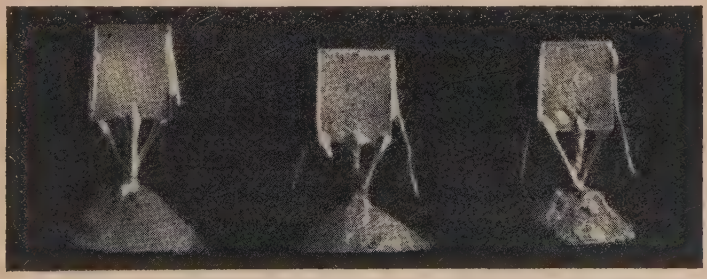
Schmelzzeitversuche.

Es wurden drei gleichgroße Wachsplättchen aus Blauwachs in der Größe $11 \times 9 \times 1{,}15$ mm hergestellt. Diese wurden mit je drei Gußstiften und zwar 2 : 0,85 mm und 1 : 1,15 mm Dicke, dazu 2 Luftabzugskanälen mit einer Stärke von 0,45 mm versehen. Eingebettet wurden die drei Wachsplättchen in drei gleich großen

Muffeln. Das Mischverhältnis des Wassers zur Einbettmasse „Duroterm“ betrug 1 : 2,65. Auch in Bezug auf Abbindezeit und die sonstigen Daten wurde nach Maßgabe der in der V. Serie der Phantomversuche gefundenen Werte verfahren. Als einziges wurden variiert: 1. die Schmelzzeit und 2. die Schmelzart, und zwar wie aus folgender Tabelle ersichtlich.

Vers. 1: es wurde mit der Gasflamme 32 Sekunden geschmolzen.
Vers. 2: es wurde mit der Gasflamme 65 Sekunden geschmolzen.
Vers. 3: es wurde im elektrischen Ofen geschmolzen.

Bei Versuch 3 wurde von dem Gedanken ausgegangen, eine Wasserstoffaufnahme durch die Gasflamme zu vermeiden, was durch des Schmelzen des Metalls im elektrischen Ofen gewährleistet zu sein scheint. Bei den mit nur neuem Metall durchgeführten Güssen zeigten bei makroskopischer Betrachtung Versuch 1 und 3 eine gleichmäßig helle Aluminiumfarbe und recht glatte Oberfläche, wie sie dem „Uralin“ bei fehlerfreiem Arbeitsgang eigen ist. Versuch 2 zeigte wiederum Rauhigkeiten und Flecke. Diese Feinheiten kommen auf der Abb. 5 nicht so stark zum Ausdruck. Es soll in erster Linie die Art des Gusses gezeigt werden.



Die Abb. 5 zeigt die 3 Gußversuche in der Reihenfolge 1 bis 3 von links nach rechts. Die Eindellungen an Versuch 3 sind Kunstprodukte, entstanden beim Fixieren der Gußstifte.

Die 3 Versuchsplättchen wurden dann mit 3 %iger Salzsäure angeätzt, und unter dem Mikroskop bei 60facher Vergrößerung geprüft. Es zeigte sich dabei, daß die Korngröße der Legierung bei

Versuch 3 am kleinsten war, während Versuch 2 eine große, unregelmäßige Korngröße aufwies, wodurch sich die beobachtete Rauhigkeit und Fleckigkeit erklärt. Bemerkenswert war die im Verhältnis zu Versuch 3 immer noch sehr geringe Korngröße bei Versuch 1. Da alle Versuche der Serie gleichmäßig abgekühlt wurden, so daß evtl. vorhandener Wasserstoff entweichen konnte, kann zur Frage der Schmelzzeit und Schmelzart abschließen gesagt werden:

1. Wasserstoffärmster und somit möglichst homogener Guß wird durch Schmelzen o h n e direkt aufschlagende Gasflamme, also z. B. im elektrischen Ofen, erreicht.

2. Je kürzer die Schmelzzeit mit der Gasflamme, desto geringere Möglichkeit der Wasserstoffaufnahme, und desto bessere Struktur des Werkstückes.

Da ein Schmelzen im elektrischen Ofen im täglichen Gebrauch praktisch nicht in Frage kommt, muß man sich bei Gebrauch der Gasflamme befleißen, das Metall „Uralin" nach möglichst kurzer Schmelzzeit zu gießen, da jede Verzögerung des Gusses zu einer vermehrten und unerwünschten Aufnahme von Wasserstoff führt, was dann die beschriebenen Rauhigkeiten zur Folge hat. Zur Vermeidung solcher Überhitzungen achte man auf 2 Punkte:

1. auf die Gestaltung der Gußmulde;

2. auf die mehrmalige Verwendung des „Uralin".

ad 1. Nach F a l c k gestalte man „die Gußmulde nicht zu tief, damit die Flamme eine gute Angriffsfläche auf dem Metall findet". R o h k a m m empfiehlt für Aluminium „die Gußstücke in breiter, flacher Gußmulde nebeneinander zu legen, damit alle Gußstücke von der Flamme gleichmäßig erfaßt werden, und keine Materialverbrennung eintritt".

ad 2. Bei Wiederverwendung ohne Zusatz von neuem Metall zeigten der 4. und 5. Guß makroskopisch noch keine Verschlechterung des Werkstückes. Bei „Uralin"-Güssen, die außerhalb der 5 Phantomserien vorgenommen wurden, wurde dem Gußkegel nach dem ersten Guß stets eine bestimmte Menge frischen Metalls zugesetzt, so daß etwa ein Drittel neuen Metalls zum alten Gußrest kam. An sich ist die Verwendung irgendwelcher Fluß-

mittel unnötig. Auch der Hersteller des „Uralin" hält dies für überflüssig. Störend ist jedoch die bei mehrmaliger Verwendung des „Uralin" sich auf dem Gußrest bildende Oxydschicht. Sie verhindert einen genauen Einblick in die jeweilige Konsistenz des Metalls beim Gußprozeß, wodurch es leicht zu den oben gekennzeichneten schädlichen Überhitzungen des Metalls kommt. Man verhindert dies durch Abschleifen der Oxydschicht der Gußreste oder durch Zusatz einer Messerspitze Borax während des Schmelzens.

Unbedingt hat ein Absäuern des fertigen Gußstückes zu unterbleiben. Ein solcher Versuch z. B. mit 3 %iger Salzsäure endet mit der sofortigen Auflösung des Metalls. Die Füllung kommt mattsilber glänzend aus der Gußmuffel; man spüle sie lediglich mit klarem Wasser ab.

Kombination des „Uralin" mit verschiedenen Metallstiften.

Bei bestimmten Kavitätenformen ist es notwendig, besondere Verankerungen in Form von Stiften herzustellen. Diese können aus dem betreffenden Metall direkt gegossen werden. Beim „Uralin" ist das wegen der Weichheit des Materials nicht ratsam. Man muß hier die Stifte besonders einpassen und beim Guß mit der Füllung verbinden. Da diese Stifte jedoch aus anderen, härteren Metallen bestehen müssen, war zu klären, ob die Verbindung des „Uralin" mit anderen Metallen eine s t a b i l e ist, d. h. ob beide Metalle sich gut verbinden und ob auch keine Korrosionserscheinungen auftreten. Zur Klärung dieser Frage wurde eine

S e r i e v o n A u s g u ß v e r s u c h e n

unternommen. In 1,55 bis 1,9 mm Dicke federharte Drähte aus Alba-Metall, Nickelin und Stahl wurden etwa ½ mm tiefe Einkerbungen gefeilt. Die etwa 2 cm langen Drahtstücke wurden mit Gußwachs in einer Stärke von 4 mm umhüllt, so daß nach dem Guß Metallzylinder entstanden, in deren Mitte sich der Gußstift hindurchzieht. Zur Feststellung der Güte des Angusses wurden diese Metallzylinder in der Mitte bis auf den Stift, und weiterhin bis zum größten Durchmesser desselben aufgeschliffen (s. Abb. 6).

Die Abb. 6 zeigt von links nach rechts: Anguß an 1,75 mm dicken Wipla-Stift, Anguß an 1,56 mm dicken Nickelin-Stift. Anguß an 1,47 mm dicken Alba-Stift. Zu den drei Versuchen der Serie wurde einheitlich nur neues Metall verwendet. Die übrigen Daten der Serie nach Maßgabe der V. Serie der Phantomversuche.

Die aufgeschliffenen und polierten Metallzylinder zeigten bei doppelter Vergrößerung, daß der Anguß an jedes der drei verschiedenen Metalle als gut zu bezeichnen ist. Bei 80facher Vergrößerung unter dem Mikroskop fand dies seine Bestätigung: das „Uralin" ist in allen drei Fällen willig den Einkerbungen der Stifte gefolgt, an den geraden Flächen zeigt sich eine eng anliegende, völlig lineare Naht.

Korrosionsversuche.

Wie an anderer Stelle ausgeführt wurde, wurden die meisten Bedenken dem Aluminium in Hinsicht auf Korrosionsbeständigkeit entgegebracht. Die Ursachen der früher bei Aluminium beobachteten Korrosion sind geklärt und beseitigt worden. Immerhin soll es nach Schoenbeck, Schroeder, Spanner bei Kombination des Aluminiums mit anderen Metallen noch zu Korrosionserscheinungen kommen.

Diese Frage wurde für das „Uralin" in der Serie der Korrosionsversuche einer Prüfung unterzogen. Das Prinzip war dabei, „Uralin" in einer Flüssigkeit, die ihrem chemischen Eigenschaften dem Speichel entspricht, allein und mit anderen Metallen in direkten bzw. indirekten Kontakt zu bringen. Wie eingangs gesagt, können derartige Versuche nur „Helfer" (Schoenbeck)

sein. Die vielfältigen Vorgänge im Munde lassen sich im Reagenzglas nur unvollkommen rekonstruieren. Endgültige Rückschlüsse auf das Verhalten der Legierung im Munde lassen diese Versuche nicht zu. Den Versuchen wurden die Angaben Scheers und Päßlers über derartige Korrosionsversuche zugrunde gelegt. Sie wurden in vier Serien durchgeführt.

In der I. Serie wurden die im vorigen Kapitel beschriebenen Angußversuche an Alba-, Stahl- und Nickelin-Stifte im einzelnen im Reagenzglas auf ihre Beständigkeit gegen 1 %ige Milchsäure, die 0,25 % Kochsalz enthielt, geprüft.

In der II. Serie wurden 3 Gußfüllungen der Phantomserien auf ihre Beständigkeit gegen dieselbe Säure geprüft.

In der III. Serie wurden drei Gußfüllungen auf ihre Beständigkeit gegen natürlichen Speichel geprüft.

In der IV. Serie wurden nach 4 Wochen die 3 Gußfüllungen der II. Serie mit 20karätigem Geld, Alba (= Silber-Palladium-Legierung) und Wipla (= V2A-Stahl) in 1 %iger Milchsäure mit 0,25 % Kochsalz zusammengebracht und auf ihre Beständigkeit geprüft.

Das Ergebnis dieser Prüfungen war folgendes:

a) In der II. und III. Serie (die vorweg genommen werden sollen):
Als die Gußfüllungen nach 4 Wochen aus dem Reagenzglas kamen, hatten sie ihre Hochglanzpolitur eingebüßt. Diese Erscheinung erklärt sich daraus, daß das „Uralin" sich mit dem schon beschriebenen Oxydfilm überzieht, und somit erst seine volle Mundbeständigkeit erlangt. Diese Erscheinung ist also eine durchaus notwendige. Sie nimmt der Füllung einen Teil ihres metallischen Aussehens, verleiht ihr eine weißlichere, sich dem Zahn mehr anpassende, wenn auch etwas „schmutzige" Farbe. Der Randschluß der Gußfüllungen der II. und III. Serie hatte sich in keiner Weise verändert.

b) In der I. Serie nach 4 Wochen:
Die auf Hochglanz polierten Schliffstellen der Angußversuche hatten eine mehr matte Farbe (= Oxydfilm) angenommen. Irgenwelche Korrosionserscheinungen an den Anguß-

flächen oder an den Stiften waren selbst bei 80facher Vergrößerung nicht festzustellen.

c) In der IV. Serie nach weiteren 4 Wochen:

Keinerlei Veränderungen der Gußfüllungen in Form oder Farbe, selbst nicht bei der Kombination mit Gold, vor der oft gewarnt wird.

Schlußergebnis der Prüfungen am Phantom.

Die Prüfungen, die sich im wesentlichen auf die Fragen der Härte, Anpolierfähigkeit, Volumenbeständigkeit, Porenfreiheit, leichten Verarbeitbarkeit und Korrosion bezogen, hatten zusammenfassend folgende Ergebnisse.

1. Bei Beachtung der gesamten Verarbeitungsvorschriften werden mit dem Metall „Uralin" brauchbare Phantomgußfüllungen erzielt.

2. Die genaue Beachtung der in den vorigen Abschnitten aufgestellten Verarbeitungsvorschriften stellt kein großes Umlernen, noch eine übermäßige Belastung dar. Das Metall „Uralin" ist nicht wesentlich umständlicher oder wesentlich schwieriger als andere Austauschstoffe verarbeitbar.

3. Die Zahl der Gußstifte sei nicht unter 3, am besten: Kombination dicker und dünner Stifte.

4. Die besten Resultate werden bei „zweizeitigem" Einbetten erzielt.

5. Alte Metallgußkegel können 4 bis 5mal wieder verwendet werden. Durch Zusatz von einem Drittel neuen Metalls ist eine häufigere Verwendung möglich.

6. Je kürzer die Schmelzzeit, desto besser ist das metallische Gefüge des fertigen Werkstückes.

7. Das Metall „Uralin" zeigt sich nach den vorliegenden Phantomversuchen, die noch der Erweiterung bedürfen, volumenbeständig. Es zeigt guten Randschluß.

8. Das „Uralin" besitzt eine gute Duktilität.

9. Die Legierung „Uralin" ist auch bei Kombination mit Alba, Wipla und Gold korrosionsbeständig.

Prüfungen des Metalls „Uralin" am Kranken.

Im Verlaufe der Versuche mit „Uralin" wurden von mir eine größere Anzahl Gußfüllungen hergestellt. 15 dieser Füllungen wurden dieser Arbeit zugrunde gelegt.

Die Herstellung der Füllungen erfolgte in allen Punkten nach denselben Richtlinien, wie sie in der V. Serie an den Phantomzähnen festgelegt wurden. Lediglich die Art der Abdrucknahme erfuhr eine Änderung. Es wurde nicht „direkt" sondern „indirekt" Abdruck genommen.

Der beim indirekten Verfahren zum Abdruck verwendete Kupferring wurde mit einigen Bohrlöchern versehen, um der erkaltenden Abdruckmasse gewisse Haftpunkte zu geben. Bei guter Kavitätenpräparation gelingt der Abdruck leicht. Man lasse ihn im Mund genügend erstarren und säubere ihn nachher vorsichtig von dem anhaftenden Speichel.

Zur Herstellung des Kavitätenmodells wurde das vom Jota-Werk (Düsseldorf) hergestellte Silicium-Karbit, ein Modellzement auf Silico-Phosphat-Basis verwendet. In dem noch plastischen Zement wurde stets eine Drahtschlinge angebracht und das Modell zwecks weiterer Zementersparnis und der besseren Handlichkeit wegen auf einen Hartgipssockel gesetzt.

Die 15 Krankenfälle.

1. und 2. **Herr W.**

a) $\underline{6}$/ zentrale Gußfüllung.

b) /$\overline{4}$ occluso-distale Gußfüllung mit Ersatz der bukkalen Kronenwand und Stiftverankerung.

Im Munde befanden sich noch: Amalgam und Palliag.

Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: der inzwischen entstandene, schützende Oxydfilm hatte den „Uralin"-Füllungen den matten weißlichen Silberton verliehen. Farbe sonst unverändert.

Randschluß der Füllungen: unverändert.

Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

3. **Frau Ww. H.**
   /8 Kantenaufbaufüllung.
   Im Munde befanden sich noch: Gold, Amalgam.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: Füllung in Form und Farbe unverändert.
   Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

4. **Frl. R.**
   6/ zentrale Gußfüllung.
   Im Munde befanden sich noch: Amalgam, Gold.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: keine Veränderung in Form und Farbe.
   Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

5. **Herr H.**
   3/ Kantenaufbaufüllung distal.
   Im Munde befanden sich noch: Amalgam, Gold, Alba.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: die „Uralin"-Füllung zeigte keine Veränderung in Form und Farbe.
   Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

6. **Herr v. d. H.**
   6/ zentrale Gußfüllung.
   Im Munde befanden sich noch: Amalgam.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: „Uralin"-Füllung unverändert.
   Fremde Metalle: unverändert.

7. **Frl. Sch.**
   6/ occluso-distale Füllung.
   Im Munde befanden sich noch: Amalgam und Gold.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: die „Uralin"-Füllung unverändert in Form und Farbe.
   Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

8. **Frau J.**
   3/ Zahnhalsfüllung.
   Im Munde befanden sich noch: Amalgam, Gold.
   Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: keinerlei Verän-

derung der „Uralin"-Gußfüllung in Form und Farbe.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

9. **Herr M.**

$\overline{4}$/ mesio-occlusale Füllung.
Im Munde befanden sich noch: Gold.
Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: „Uralin"-Gußfüllung unverändert in Form und Farbe.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

10. **Frau Sch.**

/$\overline{4}$ zentrale Füllung.
Im Munde befanden sich noch: Amalgam.
Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: „Uralin"-Füllung unverändert.
Fremdes Metall: unverändert vorhanden.

11. **Frl. K.**

$\overline{7}$/ occluso-distale Füllung.
Im Munde befanden sich noch: Gold, Palliag.
Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: keine Veränderung der „Uralin"-Füllung.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

12. **Herr B.**

/$\overline{6}$ mesio-occlusale Füllung.
Im Munde befanden sich noch: Gold.
Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: keine Veränderung der „Uralin"-Füllung.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

13. **Herr R.**

$\overline{3}$/ Zahnhalskavität.
Es befanden sich noch im Munde: Amalgam.
Die Nachkontrolle nach 5 Wochen ergab: keine Veränderung der „Uralin"-Füllung.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

14. **Frau J.**

4/ Stumpfaufbau mit Stahlstiftverankerung.
Es befanden sich noch im Munde: Amalgam, Gold.
Die Nachkontrolle nach 3 Wochen ergab: Randschluß und Farbe des „Uralin"-Stumpfaufbaues unverändert.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

15. **Frl. B.**

6/ Stumpfaufbau mit Stahlstiftverankerung.
Es befanden sich noch im Munde: Gold.
Die Nachkontrolle nach 3 Wochen ergab: keine Veränderung in Form und Farbe.
Fremde Metalle: unverändert vorhanden.

Die Abb. 7 zeigt 5 Fälle der Kranken-Arbeiten. Es sind dies von links nach rechts: Fall 4; Fall 6; Fall 3; Fall 7 und Fall 5.

Fall 14 und 15 zeigen die Verwendung des „Uralin" zu Stumpfaufbauten. Es ist dadurch die Möglichkeit gegeben, selbst tiefzerstörte Zähne wieder soweit herzustellen, daß sie schließlich doch noch zur Überkronung durch Metall oder Porzellan herangezogen werden können.

Sämtliche Kranke waren mit den „Uralin"-Gußfüllungen zufrieden, auch über die Farbe des „Uralin" wurde nicht geklagt. Andere ließen alte und immer wieder ausbrechende Amalgamfüllungen durch Gußfüllungen aus „Uralin" ersetzen, nachdem ihnen die Vorzüge einer gegossenen Füllung an Hand von Modellen klar gemacht worden waren.

Schlußergebnis der Prüfungen am Kranken.

1. Die Krankenprüfungen ergaben die gleichen Resultate wie die Phantomversuche.

2. Bei Vermeidung der aufgeführten technischen Fehlerquellen zeigen sich nur geringe Kontraktionserscheinungen, selbst bei den größten Kantenaufbauten an Molaren.

3. Veränderungen des Randschlusses wie der Farbe wurden innerhalb der Beobachtungszeit (5 Wochen) nicht wahrgenommen.

4. Einheitlich gaben alle Kranken an, daß sie sofort mit der Füllung ohne Unbequemlichkeit kauen und abbeißen konnten. Keiner klagte innerhalb derselben Zeit über irgendwelchen „Metallgeschmack", obwohl sich meist noch zwei bis drei fremde Metalle im Munde befanden.

Aus den oben erwähnten eigenen Versuchen im Laboratorium und am Kranken (welche freilich insbesondere, was die letzteren betrifft, noch wesentlicher Ausdehnung auch in zeitlicher Hinsicht bedürfen, bevor ein endgültiges Urteil abgegeben werden kann) und den Ergebnissen anderer Verfasser läßt sich Folgendes entnehmen:

Die Vorteile des Reinstaluminium, geprüft am „Uralin", sind in Folgendem zu erblicken:

a) Das Material ist billig und in unbeschränktem Maße aus Grundstoffen zu gewinnen, die in der ganzen Welt greifbar sind.

b) Das Material ist weich, was in Bezug auf die Abnützungsfähigkeit und in Bezug auf den Randschluß von Bedeutung ist.

c) Das Material ist weitgehend korrosionsfest, sodaß es sich auch mit anderen Materialien im Munde verträgt.

d) Das Material darf als ungiftig sowohl in lokaler wie in allgemeiner Hinsicht bezeichnet werden.

Nachteile des Materials:

a) Das Material kontrahiert etwas; inwieweit diese Kontraktion einen wesentlichen Nachteil bedeutet, haben weitere Untersuchungen festzustellen. Wir benötigen aber einen Füllungsstoff, der nicht kontrahiert!

b) Aluminium, also auch das „Uralin", ist außerordentlich stark temperaturleitend, ein Nachteil, welcher sich in vielen Fällen nicht korrigieren läßt. Ausgedehnte Füllungen und insbesondere Füllungen an jugendlichen Zähnen, sofern die Pulpa noch gesund und erhalten werden soll, sind, wenn möglich, zu vermeiden!

Schriftennachweis.

a) Bücher.

1. Balters, W.: Aus der Praxis der konservierenden Zahnheilkunde. Verlag Meußer, Berlin 1933.
2. Black, G. V.: Konservierende Zahnheilkunde II. Band. Verlag Meußer, Berlin 1914.
3. Boisson, R.: Gußfüllungen. Lehmanns Verlag, München 1935.
4. Falck, K.: Einführung in die Werkstoffkunde für Zahnärzte. Lehmanns Verlag, München 1937.
5. Gadamer, J.: Lehrbuch der chemischen Toxikologie und Anleitung zur Ausmittelung der Gifte. II. Aufl. Verlag Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1924.
6. Geitz, A.: Metallurgie. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1925.
7. Grawinkel, C. J.: Die Technik des Goldgusses. Verlag Meußer, Berlin 1921.
8. Jeanneret, R.: Leitfaden für den Phantomkurs der konservierenden Zahnheilkunde. Verlag Thieme, Leipzig 1931.
9. Kobert, R.: Lehrbuch der Intoxikationen, II. Bd., Spez. Teil. Verlag F. Enke, Stuttgart 1906.
10. Ost-Rassow: Lehrbuch der chemischen Technologie. 18. Aufl. Verlag M. Jänecke, Leipzig 1932.
11. Rebel, H. H.: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Bd. 4. Lehmanns Verlag, 1938.
12. Ruthard, K.: Die Entwicklung vergütbarer goldhaltiger Palladium-Silber-Legierungen. Aus: Alba das Ergebnis einer Forschung. Verlag Spaner, Leipzig 1938.
13. Scheer, K.: Das Problem des Porzellanangusses. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin 1934.
14. Schmidt, E.: Lehrbuch der Pharmazeutischen Chemie. 7. Aufl. Verlag F. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig 1933.
15. Schoenbeck: Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Metallkunde. Verlag Meußer, Berlin 1931.
16. Smreker: Handbuch der Goldeinlagen, II. Teil. 1937.
17. Walkhoff: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Verlag Meußer, Berlin 1931.

b) Zeitschriften und Dissertationen.

18. Arndt, F.: Technische und klinische Prüfungen der Gußfüllung „Pallagan". Diss. Leipzig 1937.
19. Diener, F.: Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 35.
20. Elsholz, H.: Über die Verwendbarkeit von „Duallor" als Gußfüllung. Diss. Leipzig 1936.
21. Fehr: Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 35.
22. Holler: Die Verwendung des Aluminiums und seiner Legierungen in der zahnärztlichen Prothetik und Orthopädie. D. z. W. 1938, Nr. 30 u. 31.
23. Päßler: Erfahrungen mit der Edelmetallegierung E. W. L. als Werkstoff für Gußfüllungen. D. z. W. 1938. Nr. 11.
24. Preyers, K.: Zahnärztliche Arbeitsweise mit dem Austauschwerkstoff Aluminium. Z. R. 1938. Nr. 10.
Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 34 und 35.
25. Rohkamm: Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 35.
26. Schalm: Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 35.
27. Scheer, K.: Die Fehlerquellen beim Metalleinlageverfahren unter besonderer Berücksichtigung des Gusses mit Randolf und dessen Verhalten im Munde. Dtsch. Mschr. f. Zahnheilkunde 1923, Nr. 6.
28. Schirmer, E.: Über die Verwendbarkeit der Edelmetallegierung „Wego III" als Gußfüllung. Diss. Leipzig 1937.
29. Schoenbeck: Die verfügbaren Materialien und ihre Verwendbarkeit in den Einzelgebieten der Zahnheilkunde. D. z. W. 1938. Nr. 45.
Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 27, 29 und 34.
30. Spanner: Die metallischen Werkstoffe für Zahnersatz. Deutsches Zahnärztebuch, 19. Ausgabe, 1938 (Sonderabdruck).
31. Strack: Prothetik und Werkstoffkunde. D. z. W. 1940. Nr. 35.
32. Trommer, E.: Über die Eignung der Silber-Zinn-Legierung „Senaguß" zur Herstellung von Gußfüllungen. Diss. Leipzig 1938.

c) Prospekte.

33. Gebrauchsanweisung für die Einbettmasse „Duroterm" der Firma „Bayer" I. G.-Farbenindustrie (Leverkusen a. Rh.).
34. „Uralin Al-Ersatzstoff". Verarbeitungsvorschrift von Dr. K. Preyers (Krefeld).

Lebenslauf.

Als Sohn des Dentisten Hermann Johnen und seiner Ehefrau Maria geb. Boecker wurde ich am 12. 10. 1916 zu Krefeld (Rhld.) geboren.

Ich besuchte neun Jahre das Reform-Realgymnasium zu Krefeld und erhielt daselbst am 26. 2. 1935 das Reifezeugnis. Arbeitsdienst habe ich im Sommerhalbjahr 1935 geleistet.

Herbst 1935 begann ich an der Universität Bonn mein zahnärztliches Studium. Am 14. 4. 1937 legte ich daselbst das Physikum ab. Am 26. 4. 1939 erhielt ich an der Universität Bonn die zahnärztliche Approbation.

Oktober 1939 wurde ich Soldat und habe den Feldzug gegen Belgien und Frankreich mitgemacht. Am 1. 11. 1940 wurde ich zum Sanitäts-Unteroffizier der Luftwaffe befördert.